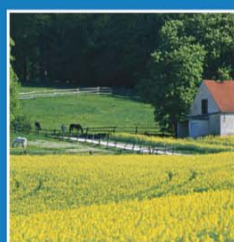
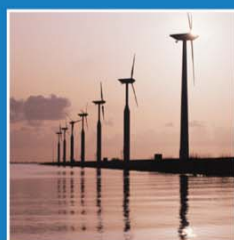


Florian Hartmann
Martin Distelkamp

GWS mbH

Die volkswirtschaftliche und ökologische Bedeutung der Materialeffizienz für Deutschland – Literaturstudie zum Stand der Forschung

Arbeitspapier zu Arbeitspaket 5 des Projekts
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)



Wuppertal, Dezember 2008
ISSN 1867-0237

Kontakt zu den Autor(inn)en:

Martin Distelkamp

GWS mbH
49080 Osnabrück, Heinrichstraße 30

Tel.: +49 (0) 541 40933 -160, Fax: -110

Mail: distelkamp@gws-os

**„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“
(MaRes) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA**

Projektlaufzeit: 07/2007 – 12/2010

Projektleitung:

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Hennicke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183/-136, Fax: -198/-145

Mail: kora.kristof@wupperinst.org
peter.hennicke@wupperinst.org

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)
finden Sie unter **www.ressourcen.wupperinst.org**

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt bei den Autor(inn)en.



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

**Wuppertal Institut
in Kooperation mit**

BASF
Borderstep
CSCP
Daimler
demea – VDI / VDE-IT
ECN
EFA NRW
FhG IAO
FhG UMSICHT
FU Berlin
GoYa!
GWS
Hochschule Pforzheim
IFEU
Institut für Verbraucherjournalismus
IÖW
IZT
MediaCompany
Ökopol
RWTH Aachen
SRH Hochschule Calw
Stiftung Warentest
ThyssenKrupp
Trifolium
TU Berlin
TU Darmstadt
TU Dresden
Universität Kassel
Universität Lüneburg
ZEW



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt

Die volkswirtschaftliche und ökologische Bedeutung der Materialeffizienz für Deutschland – Literaturstudie zum Stand der Forschung im Arbeitspaket 5 des Projekts MaRes

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Der Markt für Rohstoffe	3
1.2	Materialeffizienz	6
2	Indikatoren zur Messung von Materialeffizienz	7
3	Modellierung ökologisch-ökonomischer Zusammenhänge	9
3.1	Input-Output Modellierung	9
3.2	Anwendungen von PANTA RHEI und INFORGE	11
3.3	Ein europäisches Modellszenario	16
3.4	Weitere Anwendungen der Input-Output-Methodik	17
4	Ansatzpunkte & Instrumente zur Erhöhung der Materialproduktivität	18
4.1	Das Ressourceneffizienzforschungsprogramm des Wuppertal Instituts	19
4.2	Die Dematerialisierungsstrategie Japans als Vorbild für Deutschland	23
5	Politik- Konzeptionen zur Materialeffizienz	24
5.1	Programme und Initiativen	24
5.2	Strategien	26
6	Literatur	27

1 Einleitung

1.1 Der Markt für Rohstoffe

Die Arbeit liefert einen Überblick zum derzeitigen Stand der Forschung zum Thema Materialeffizienz und deren Bedeutung für Deutschland im Hinblick auf volkswirtschaftliche und ökologische Aspekte.

Die ökologische und ökonomische Bedeutung der Materialeffizienz für Deutschland resultiert zunächst einmal aus der globalen Angebots- und Nachfragesituation für Rohstoffe. Sinkt allgemein das Angebot an Rohstoffen oder steigt die weltweite Nachfrage, wird das nach ökonomischer Theorie für einen Preisanstieg bei Rohstoffen sorgen.

Möglicherweise verschleiert eine hohe Preisvolatilität bei bestimmten Rohstoffen kurzfristig diesen zu erwartenden Trend, doch sollte er zumindest langfristig zu beobachten sein, wenn entsprechende Zeitreihen der Preise geglättet werden.

Falls eine Tendenz zu globalen Preissteigerungen zu erkennen sein sollte, wird dies Konsequenzen für die deutsche Wirtschaft haben. Rohstoffe sind neben Kapital und Arbeit Inputs zur Erzeugung von End-, Zwischen- und Vorprodukten. Steigen nun die Kosten für einen dieser Inputs, hat das direkte Konsequenzen für die Profitabilität der Unternehmen und damit auf die Höhe des Outputs und die Nachfrage nach den anderen Produktionsfaktoren. Im Fokus unseres Interesses stehen Rohmaterialien als Produktionsfaktor. Im Verarbeitenden Gewerbe liegt der Kostenanteil für Materialinputs bei 50%, Arbeitskosten machen hier lediglich 25% aus. Dies zeigt die fundamentale Bedeutung der Rohstoffpreise für die deutsche Industrie. Daraus lässt sich direkt ablesen, dass betriebswirtschaftliche Maßnahmen mit dem Ziel einer Kostenreduktion, welche sich ausschließlich auf die Personalkosten fokussieren, einen bedeutsamen Kostenaspekt außen vor lassen: die Materialkosten. Denn brachliegende Einsparpotentiale an dieser Stelle versprechen einen wesentlich höheren Rationalisierungsgewinn. Daher sollte vermehrt das Augenmerk auf die Materialeffizienz gerichtet werden. Rohstoffpreise stellen für die einzelnen Firmen ein Datum dar und großenteils auch für die Volkswirtschaft Deutschland als Ganzes. Diese Zusammenhänge deuten darauf hin, dass es neben dem Nachhaltigkeitsargument auch aus rein ökonomischer Sichtweise gute Gründe für Bemühungen gibt, die Produktivität der Materialinputs zu steigern, um mit weniger Kosten den gleichen Output erzeugen zu können oder zu gleichen Kosten die Produktion zu steigern. Bevor der Stand der Forschung zur Auswirkung von Materialeffizienzsteigerungen auf den absoluten Materialverbrauch, die Beschäftigung und das Sozialprodukt in Deutschland im einzelnen dargestellt wird, soll vorab etwas über die Marktsituation bei Rohstoffen gesagt werden.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) beschreibt in ihrem jährlichen Bericht zur Rohstoffsituation (BGR 2006), dass die im Spätsommer 2008 im

Rahmen der internationalen Finanzmarktkrise abrupt zu Ende gegangene Hausse bei Rohstoffpreisen nicht mit einer akuten Verknappung des Angebots der Ressourcen zu begründen sei, sondern Veränderungen in der Nachfragestruktur hierfür verantwortlich seien. Für mineralische Rohstoffe sei ein Ende des Preisbooms zu erwarten, wobei dies trotzdem ein weiterhin hohes Preisniveau bedeute. Die extreme Preisvolatilität in den Rohstoffmärkten gehe meistens mit einer Marktstruktur einher, die durch nur wenige Anbieter gekennzeichnet ist. Dies bedinge weiterhin ein Ungleichgewicht zwischen Produktion von Rohstoffen und Nachfrage nach diesen. Da die Nachfrage von der rohstoffproduzierenden Industrie als stabil eingeschätzt wird, unternimmt diese nun erhebliche Investitionen zum Ausbau ihrer Kapazitäten. Bis zur Wirkung dieser Maßnahmen ging die BGR von einer anhaltend angespannten Marktlage und daher hohen Preisen aus. In einer weiteren Studie der BGR werden Reserven, Ressourcen, Produktion und Verbrauch der Energierohstoffe Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran und Thorium analysiert (BGR 2007).

Beim Erdöl wird der Höchststand der Förderung für das Jahr 2020 erwartet. Nach dem sogenannten „Peak Oil“ wird die Fördermenge zurückgehen. Erdgas dagegen sei noch in ausreichender Menge vorhanden, um den antizipierten Bedarf der nächsten Jahrzehnte zu decken. Ebenso ist bei Kernbrennstoffen keine angebotsseitige Verknappung in Sicht. Das größte Potenzial schließlich wird bei den Kohleressourcen verortet, die durch neu- berücksichtigte Vorkommen in China und den GUS-Staaten höher bewertet werden und ohnehin den Bedarf für Jahrzehnte decken können.

Dagegen analysieren Schindler/Zittel/Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (2008) im Bericht „Zukunft der weltweiten Erdölversorgung“ der Energy Watch Group, dass der weltweite Höhepunkt der Ölförderung schon 2006 erreicht wurde und die globale Ölförderung in den nächsten Jahren stetig zurückgehen wird. Hiermit greifen sie auch die Ergebnisse der Internationalen Energieagentur (IEA) an, die weiterhin von einem kontinuierlichen Wachstum der Ölversorgung ausgeht (IEA, 2008).

Da Rohstoffe aber nicht gleichmäßig über die Welt verteilt sind, muss gezielt betrachtet werden, bei welchen Ressourcen Deutschland von Importen abhängig ist und bei welchen die Gewinnung im Inland stattfindet. Ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) zu Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen attestiert Deutschland eine enorme Importabhängigkeit bei vielen Rohstoffen (Fronde et al. 2006).

Besonders groß ist die Abhängigkeit bei den Energierohstoffen wie Erdöl und Erdgas. Politische Instabilitäten in einigen Exportländern lassen diese Rohstoffe immer wieder ins Zentrum der Diskussion über Versorgungssicherheit treten. Auch ökonomisch haben sie die größte Bedeutung. Im Jahr 2004 machten Energierohstoffe 71,3% des Wertes der Gesamtrohstoffimporte Deutschlands aus. Braunkohle als Energierohstoff ist im Gegensatz dazu reichlich in Deutschland vorzufinden. Die deutsche Braunkohleförderung ist die größte weltweit, der Anteil von Weichbraunkohlereserven übersteigt 20% des Weltvorkommens.

Auch bei anderen Rohstoffen besteht teils eine massive Importabhängigkeit der deutschen Wirtschaft. Wichtige metallische Rohstoffe wie Eisen- und Kupfererz sind inländisch nicht vorzufinden und müssen auf dem Weltmarkt eingekauft werden. Es gibt aber auch Industriemineralien wie zum Beispiel Kalisalz, die in einer solchen Menge vorkommen, dass sie exportiert werden können. Die Studie von Frondel et al. versucht fußend auf empirischen Tatbeständen Rohstoffe zu identifizieren, die für Deutschland als potenziell kritisch bezüglich ihrer Verfügbarkeit einzuschätzen sind.

Ferner wird thematisiert, ob Rohstoffpreise sinnvoll prognostizierbar sind. Das Resultat an dieser Stelle lautet allerdings, dass die Preise in aller Regel kurzfristig Random Walks folgen, also aufgrund fundamentaler Daten zu Angebot und Nachfrage keine Aussage über die kurz- und mittelfristige Preisentwicklung gemacht werden kann und diese rein zufällig erscheint. Ursache hierfür ist, dass jede Information von den Rohstoffmärkten sofort eingepreist wird. In der Vergangenheit sind die realen Preise der meisten Rohstoffe gefallen. Problematischer ist die hohe Schwankungsbreite der Preise. Häufig wechselten sich Phasen hoher Preise mit Perioden von verhältnismäßig günstigen Preisen ab. Grund könnte ein zyklisches Investitionsverhalten sein. Treiber der jüngst zu Ende gegangenen Hausse ist Chinas hoher Importbedarf an Ressourcen.

Schließlich wird in der Studie darauf abgezielt, den Einfluss der technologischen Entwicklung auf die Nachfrageseite abzuschätzen. Denn Fortschritte beim Recycling und der technischen Effizienz bei der Umwandlung von Rohmaterialien in Produkte können die Nachfragestruktur massiv verändern und sind auch plausibel zu erwarten. Die später zu diskutierenden Strategien der Materialeffizienz haben gerade zum Ziel, den Verbrauch an nicht-erneuerbaren Ressourcen zu reduzieren.

Die globale Rohstoffsituation wird auch in Bleischwitz (2006) bewertet. Eine allgemeine absolute Verknappung an Rohstoffen wird nicht befürchtet. Jedoch ist eine eingeschränkte Reichweite der Verfügbarkeit bei Blei, Kupfer, Zinn und Zink zu erwarten. Bei Metallen und im speziellen seltenen Metallen, die momentan in Schlüsselindustrien nicht substituierbar sind, ist Deutschland auf die Einfuhr aus dem Ausland angewiesen und sieht sich mit den in letzter Zeit beobachtbaren enormen Preissteigerungen konfrontiert. Diese deuten auf eine wirtschaftliche Angebotsverknappung hin. Die Preisanstiege werden zwar durch das für Deutschland günstige Euro-Dollar-Verhältnis abgemildert, doch erhöhte sich der Gesamtpreisindex für Rohstoffe auf US-Dollarbasis von 2000 bis 2005 um mehr als die Hälfte für mineralische Rohstoffe und um mehr als das Doppelte für Energierohstoffe. Aber auch Bleischwitz resümiert, dass bisher kein langfristiger globaler Trend erkennbar ist, der Preiserhöhungen als Folge von absoluten Verknappungen belegen würden. Vielmehr wird ebenfalls der Hunger Chinas nach Rohstoffen als Hauptursache für den jüngsten Preisverlauf ausgemacht. Allerdings findet auch Bleischwitz keine empirischen Belege für die These, dass steigende Wirtschaftsleistungen mit einer Reduktion des Rohstoffverbrauchs einhergingen. Dies zeigt die Notwendigkeit vermehrter Anstrengungen auf dem Gebiet der Materialeffizienz.

1.2 Materialeffizienz

Materialeffizienz ist gleichbedeutend mit Materialproduktivität. Es wird das Verhältnis von Output und eingesetzten natürlichen Ressourcen betrachtet. Ziel sollte es sein, entweder die zur Produktion von erwünschten Gütern und Dienstleistungen benötigten Entnahmen aus der Biosphäre zu minimieren, oder mit der gleichen Menge an Materialinput mehr nützlichen Output zu erzeugen. Der Ansatz der Materialeffizienz als Mittel nachhaltigkeitsorientierter Politik setzt direkt bei der Entnahme von Stoffen aus der Natur an und folgt der Logik, dass wenn weniger Stoffe der Biosphäre entnommen werden, auch weniger Emissionen an sie abgegeben werden müssen. Es ist also eine Politik der Vorsorge und nicht der Nachsorge.

Für ein grundlegend neues Produktivitätsverständnis plädiert Bleischwitz (1998). Das herkömmliche Produktivitätsverständnis ist reduziert auf den Produktionsfaktor Arbeit. Produktivitätssteigerungen dieser Art haben eine geringere Beschäftigung und eine höhere Naturentnahme zur Folge. Er stellt die Frage, ob andere Faktoren Träger der Produktivitätsentwicklung werden könnten. Das Ziel eines intakten Naturhaushaltes verlangt die Erwirtschaftung von Wohlstand mit sinkendem Einsatz von Energie und Material. Daher ist eine Innovationsdynamik nötig, die zur Steigerung der Ressourcenproduktivität beiträgt. Dies würde sich für Umwelt und Beschäftigung positiv auswirken. Als Ursache für die bisherige Skepsis gegenüber diesem Ansatz macht er Fehldeutungen der herrschenden Umweltökonomik und falsche dogmengeschichtliche Weichenstellungen aus. Die umweltökonomische Theorie geht von externen Effekten mit begrenztem Schadenspotenzial aus und versucht diese durch Strategien der Preisinternalisierung zu beheben. Stoffströme dagegen werden nicht berücksichtigt.

Was Materialeffizienz leisten kann und welche Bedeutung sie für die deutsche Volkswirtschaft hat, haben zahlreiche Forschungsprojekte untersucht.

Der folgende Überblick über die Forschung zur Materialeffizienz erfolgt durch die Darstellung einer Reihe von Arbeiten, die der Thematik zuzurechnen sind. Die Präsentation der einzelnen Forschungsbeiträge orientiert sich an der nachfolgenden Fragestruktur.

Aus welchem Blickwinkel wurde die Thematik betrachtet, welche Fragen sollten beantwortet werden und wie sahen die Forschungsergebnisse der jeweiligen Studien aus?

Um die vorliegende Auswertung des Standes der Forschung zu systematisieren werden die Arbeiten in vier Bereiche unterteilt.

Zunächst ist eine begriffliche Klärung vorzunehmen und zu beleuchten, wie Materialeffizienz gemessen werden kann. Dazu sind von verschiedenen Instituten und Forschern Indikatoren und Konzepte entwickelt worden, die versuchen, zum einen ein Maß für den physischen Durchsatz in der Wirtschaft zu geben, und zum anderen die

Ressourcenentnahme aus der Natur in ein Verhältnis zum gestifteten Nutzen oder zur ökologischen Nachhaltigkeit zu setzen.

Aufbauend auf den Möglichkeiten der Beobachtung von Materialentnahme, Nachhaltigkeitsbewertung und Nutzenstiftung werden im zweiten Teil die Arbeiten zusammengefasst, die ökologisch-ökonomische Wirkungszusammenhänge erforschen und modellieren.

Im dritten Teil werden Instrumente reflektiert, getestet und bewertet, die der Beeinflussung von Materialeffizienz und damit der ökologischen Nachhaltigkeit dienen sollen.

Im vierten Abschnitt schließlich werden Beiträge erfasst, die sich mit der konkreten Umsetzung von Vorschlägen und Instrumenten zur Verbesserung der Materialeffizienz in der Politik beschäftigen. Dabei geht es sowohl um Unternehmenspolitiken als auch um Maßnahmen des Staates, wie die Steuergesetzgebung oder das Setzen von Rahmenvorschriften.

2 Indikatoren zur Messung von Materialeffizienz

Schmidt-Bleek (2000) legt einen Indikator zur Operationalisierung seines Faktor-10Konzeptes vor. Der Indikator wird MIPS genannt, Material-Input pro ServiceEinheit. Er erfasst die Material- und Energieströme, die zur Herstellung und während des Lebenszyklus eines Produktes anfallen. Es wird der Nutzen, den ein Produkt stiftet, ins Verhältnis zur materiellen Erfordernis der Nutzenstiftung gesetzt. Es wird also die Umweltschädigung als Entnahme aus der Umwelt betrachtet und nicht in Form von Emissionen an das Ökosystem. Der Materialinput wird in physischen Einheiten gemessen. Die Inputs werden weiter in fünf Kategorien unterteilt, die nicht gegeneinander aufgerechnet werden können: Abiotisches Material, Biotisches Material, Bodenbewegung in der Land- und Forstwirtschaft, Wasser und Luft. Die Trennung der Kategorien wird unter anderem damit begründet, dass die Inputs sehr unterschiedlich sind und beispielsweise Effizienzfortschritte nicht einfach durch die Vermeidung von Wasserverschwendung gemacht werden können ohne Bemühungen bei den anderen Inputs. Wenn vom Materialaufwand das ökologische Eigengewicht des betrachteten Produktes abgezogen wird, dann kommt es zum ökologischen Rucksack, der misst wieviel Material zur Herstellung des Produktes entnommen wurde, ohne wirtschaftlich genutzt zu werden. Dies sind also die Ressourcen, die bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung zusätzlich benötigt werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt aufgeschlüsselt nach verschiedenen Energieträgern beispielhaft die Material-Input-Faktoren für die Stromerzeugung in Deutschland.

Tab. 1: Material-Input-Faktoren für die Stromerzeugung

Strom aus	Abiotische Rohstoffe [t/MWh]	Biotische Rohstoffe [t/MWh]	Bodenbewegung [t/MWh]	Wasser [t/MWh]	Luft [t/MWh]
Kernenergie	0,31	-	-	79,5	0,005
Braunkohle	14	-	-	88,2	1,13
heimische Steinkohle	0,77	-	-	80,3	0,81
Erdgas	0,32	-	-	79,4	0,847
Laufwasser	0,13	-	-	0,1	0,005

Quelle: Ritthoff / Rohn / Liedtke 2002, S. 16

MIPS und das Konzept des ökologischen Rucksacks stellen die Betrachtung eines einzelnen Gutes in den Mittelpunkt. Es ist aber auch möglich den Materialbedarf einer ganzen Volkswirtschaft zu messen. Werden nur die ersten drei der oben aufgelisteten Kategorien des Materialinputs für die Produktion eines gesamten Landes zusammengefasst, ergeben sie die Total Material Requirements (TMR), den globalen Materialaufwand. Die problematischeren Kategorien Luft und Wasser werden außen vor gelassen. Ihre spezifische Nutzung oder Entnahme ist teilweise schwer zu erfassen und zuzurechnen. TMR gibt die Rohstoffentnahme im Inland, die physische Menge der Importe und die damit verbundenen Naturentnahmen an. TMR misst somit auch alle für die Produktion notwendigen Entnahmen aus der Natur, die zusätzlich zum ökologischen Eigengewicht der Endproduktion anfallen, während der vom Statistischen Bundesamt erhobene direkte Materialinput (DMI) nur das Eigengewicht der Produktion wiedergibt.

Ein weiteres Maß ist der ökologische Fußabdruck, bei dem die Fläche von Land berechnet wird, die für die Erzeugung von Rohstoffen notwendig ist, die ein Land für seinen momentan herrschenden Lebensstil in Anspruch nimmt. Weltweit wird die zur Verfügung stehende Fläche laut Global Footprint Network um ca. 23% überschritten.

Systematisch werden Daten vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie und vom Sustainable Europe Research Institute (SERI) gesammelt. Beide Einrichtungen benutzen physische Accounting-Methoden, die z.B. das MIPS Konzept von der Produktebene auf Regionen oder Länder übertragen. Ihre Datenbanken erlauben die Berechnung verschiedenster Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren.

Neben Accountingsystemen für Landnutzung und Energieflüsse ist vor allem die Stoffstromanalyse „Material flow accounting and analysis“ (MFA) wichtig. Sie misst die Materialentnahme aus der Natur und den Ausstoß zurück in die Biosphäre.

Die SERI-Datenbank zur Ressourcenentnahme enthält Daten für beinahe 200 Länder und 270 Arten von Ressourcen für die Jahre 1980 bis 2005. Laut SERI wuchs die Materialextraktion innerhalb der letzten 25 Jahre von 40 Milliarden Tonnen p.a. auf 58 Milliarden Tonnen p.a. an und stellt somit eine absolute Erhöhung von weltweit ungefähr 45% dar. Die Pro-Kopf-Entnahme blieb allerdings sehr stabil bei 9 Tonnen im Durchschnitt. Die SERI-Datenbank ist frei zugänglich und ermöglicht eine Visualisierung von vielen Indikatoren in Form von Weltkarten.

Das Wuppertal Institut stellt Daten für Deutschland zur Verfügung und beteiligt sich am Netzwerk ConAccount. Das Netzwerk verbindet Institutionen, die MFA nutzen, und will dazu beitragen, die Verwendung in Statistiken und Politik zu fördern, sowie für die Weiterentwicklung der MFA-Methodologie eine Basis und einen Rahmen bereitzustellen.

Eine gute Übersicht zur Entwicklung von Stoffstrom-Indikatoren im deutsch-japanischen Vergleich liefert Bahn-Walowiak et al. (2007). Es werden die verschiedenen Anwendungsebenen der MFA-Methodologie geschildert, vom Makro-Level über die Meso-Ebene, wie Industrien oder Sektoren bis hin zu prozessbezogenen Materialflüssen oder produktorientierten Betrachtungen.

Einen aktuellen Überblick zur Begriffsbestimmung und Definition von Kennzahlen zum Rohstoffverbrauch gibt ein Forschungsbericht des Umweltbundesamtes (Schütz/Bringezu 2008).

3 Modellierung ökologisch-ökonomischer Zusammenhänge

3.1 Input-Output-Modellierung

Explizite Modellierungen von ökonomisch-ökologischen Wirkungszusammenhängen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene werden von der Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) vorgenommen.

Tief disaggregierte Input-Output-Modelle liefern Aufschluss über die zu erwartende Entwicklung von ökonomischen und ökologischen Größen. Mit dem Instrumentarium können Sektoren identifiziert werden, die einen besonders hohen Anteil am Materialverbrauch haben und als Ansatzpunkt für Anstrengungen zu Materialeffizienzsteigerungen dienen sollten. Ebenso können verschiedene Politikmaßnahmen simuliert und auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

Kern der Modellierungen ist das INFORGE-Modell (Interindustry Forecasting Germany), ein sektoral tief gegliedertes Prognose- und Simulationsmodell für Deutschland, das seit 1996 regelmäßig aktualisiert wird und in vielen Anwendungen eingesetzt worden ist (vgl. z. B. Lichtblau/Meyer/Ewerhart 1996; Meyer/Ewerhart 2001; Lutz et al. 2002, Distelkamp et al. 2003, Ahlert 2006, Meyer/Wolter 2007, Meyer 2008). Die aktuelle Version basiert auf der neuen „Allgemeinen Systematik der

Wirtschaftszweige in den Europäischen Gemeinschaften“ (NACE-Gliederung, WZ 2003) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamtes.

Die besondere Leistungsfähigkeit des Modells INFORGE beruht auf der INFORUM-Philosophie (Almon 1991). Sie ist durch die Konstruktionsprinzipien Bottom-up und vollständige Integration gekennzeichnet. Das Konstruktionsprinzip *Bottom-up* besagt, dass jeder der 59 Sektoren der Volkswirtschaft sehr detailliert modelliert ist und die gesamtwirtschaftlichen Variablen durch explizite Aggregation im Modellzusammenhang gebildet werden. Das Konstruktionsprinzip *vollständige Integration* beinhaltet eine komplexe und simultane Modellierung, die die interindustrielle Verflechtung ebenso beschreibt wie die Entstehung und die Verteilung der Einkommen, die Umverteilungstätigkeit des Staates sowie die Einkommensverwendung der Privaten Haushalte für die verschiedenen Güter und Dienstleistungen. Der disaggregierte Aufbau des Modells INFORGE ist in das vollständig endogenisierte Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen eingebettet. Damit ist insbesondere auch die Umverteilung der Einkommen durch den Staat endogen abgebildet.

INFORGE ist ein ökonometrisches Input-Output-Modell, das als evolutorisches Modell bezeichnet werden kann. In den Verhaltensgleichungen werden Entscheidungs routinen modelliert, die nicht explizit aus Optimierungsverhalten der Agenten abgeleitet sind, sondern beschränkte Rationalität zum Hintergrund haben. Die Herstellungspreise sind das Ergebnis einer Aufschlagskalkulation der Unternehmen. Die Zeit ist im Modell historisch und unumkehrbar. Die Kapitalstockfortschreibung generiert Pfadabhängigkeit.

Dem Input-Output-Ansatz wird gemeinhin eine nachfrageorientierte Modellierung zugesprochen. Dies trifft auf INFORGE allerdings nicht zu. Es ist zwar richtig, dass die Nachfrage in INFORGE die Produktion bestimmt, aber alle Güter- und Faktornachfragevariablen hängen unter anderem von relativen Preisen ab, wobei die Preise wiederum durch die Stückkosten der Unternehmen in Form einer Preissetzungshypothese bestimmt sind. Der Unterschied zu den allgemeinen Gleichgewichtsmodellen, in denen ein Konkurrenzmarkt modelliert wird, liegt in diesem Punkt in der unterstellten Marktform, nicht in der Betonung der einen oder der anderen Marktseite. Man kann es auch so formulieren: Die Unternehmen wählen aufgrund ihrer Kostensituation und der Preise konkurrierender Importe ihren Absatzpreis. Die Nachfrager reagieren darauf mit ihrer Entscheidung, die dann die Höhe der Produktion bestimmt. Angebots- und Nachfrageelemente sind also im gleichen Maße vorhanden.

Der ökonomische Teil wird durch Umwelt-Module ergänzt, wodurch Abschätzungen zu Energieverbräuchen, Luftschadstoffemissionen oder Flächenverbrauch möglich werden. Dieses umweltökonomische Gesamtmodell wird PANTA RHEI genannt und enthält unter anderem ein tiefgegliedertes Energie- und Luftschadstoffmodell mit dem Energieeinsatz und den Emissionen der wesentlichen Luftschadstoffe für die 59 Sektoren und die privaten Haushalte differenziert nach 29 Energieträgern sowie ein

Materialinputmodell. Der Material-Input-Teil berechnet die Entnahme von Biomasse, metallischen Mineralen, nicht-metallischen Mineralen und fossilen Brennstoffen wie Öl, Erdgas und Kohle in Deutschland und berücksichtigt die importierten Materialien, die in anderen Ländern der Natur entnommen worden sind.

PANTA RHEI wird in etlichen Studien benutzt, um die Effektivität von Politikinstrumenten zu beurteilen, und hat sich nach Frohn et al. (1998) als besonders geeignet für die Abschätzung umweltpolitischer Maßnahmen erwiesen.

In Frohn et al. (2003) wurden initiiert vom Umweltbundesamt das Modell PANTA RHEI und ein disaggregiertes makroökonomisches Modell des RWI-Essen parallel verwendet, was die Zuverlässigkeit der Prognosen erhöht hat und neuralgische Punkte in der Modellierung aufzeigen konnte. Beide Modelle wurden um die Umweltbereiche Wasser, Klima, Luft und Boden erweitert und dann zur Simulation von Ökosteuer, Flächensteuer, Flächenangebots-Beschränkung und CO₂-Steuer verwendet. Die Ergebnisse bestätigten sich in der Tendenz gegenseitig und konnten aufgrund der Modellstruktur über die makroökonomischen Variablen hinaus Einsichten über sektorale Veränderungen geben.

3.2 Anwendungen von PANTA RHEI und INFORGE

Eine Studie von Meyer und Lutz (2002) untersucht mit PANTA RHEI einzelwirtschaftlich kostenneutrale Dematerialisierungsbemühungen. Die Berechnungen zeigen, dass in den neunziger Jahren im Vergleich zu den Achtzigern der Materialeinsatz durch vermehrte ökoefiziente Dienstleistungen um 10% gesunken ist. Weiter konnte eine positive Wirkung auf das BIP und die Lohnsumme festgestellt werden sowie eine minimale Beschäftigungssteigerung.

In Fischer et al. (2004) wird die Frage gestellt, welche gesamtwirtschaftlichen Effekte von einzelwirtschaftlichen Materialeinsparungen aus Rentabilitätsgründen zu erwarten sind und unter welchen Bedingungen daraus eine höhere Beschäftigung resultiert. Es gäbe bei der industriellen Wertschöpfung einen Trend zur „rentablen Dematerialisierung“, wie die Autoren konstatieren. Die Unternehmensberatung Arthur D. Little GmbH senkt bei den von ihr beratenen Unternehmen die Materialdurchsatzkosten mittels „Zero Loss Management“ und „Design-to-Cost“ regelmäßig um 20%. Beim „Zero Loss Management“ werden Material- und Energieverluste in der Produktion um 5% reduziert, und das „Design-to-Cost“ ermöglicht Einsparungen von bis zu 15% der Herstellkosten im Produktlebenszyklus durch ein Produktdesign, das im Voraus im Life Cycle des Produktes anfallende Kosten minimiert. Die Aufwendungen für die Einsparungen amortisieren in der Regel binnen eines Jahres. Auf Basis der Annahme, dass Materialeffizienzsteigerungen im Umfang von 20% im Verarbeitenden Gewerbe und der Öffentlichen Verwaltung realisierbar sind, werden drei Szenarien mittels INFORGE simuliert, wobei sich die Materialeffizienzsteigerungen als Materialkostensenkungen zeigen. Konservative wird

eine 20%-ige Reduktion der Materialkosten angenommen und nicht, wie empirisch meist festzustellen, eine 20%-ige Reduktion der gesamten Herstellkosten.

Verglichen werden die Dematerialisierungsszenarien mit einem Referenzszenario ohne Materialeinsparungen. Betrachtet wird der Zeitraum von 2004 bis 2015. Im ersten Szenario werden imperfekte Märkte angenommen, was bedeutet, dass von einer wie bisher praktizierten Lohn- und Preisbildung in Deutschland ausgegangen wird. Durch die Ressourcenproduktivitätserhöhung nimmt das reale BIP im Vergleich zur Basisprognose um 10% zu, die Beschäftigung sinkt allerdings um fast eine halbe Million. Szenario 2 geht von einem intensivierten Lohnwettbewerb aus, der verhindert, dass sich die Produktivitätssteigerungen in höhere Löhne umsetzen. Die Steigerung des Bruttoinlandsproduktes ist annähernd so hoch wie in Szenario 1, die Beschäftigung erhöht sich nun aber um 760 000 verglichen mit der Referenzprognose. Das dritte Szenario unterstellt einen verschärften Preiswettbewerb, der die Materialkostenreduktionen voll an die Kunden weitergibt, Lohnbildung geschieht wieder wie im ersten Fall. Resultat ist ein um 13% gewachsenes BIP, aber ein Beschäftigungsrückgang in Höhe von 300 000 aufgrund des starken Reallohnanstieges. Die Reaktion des Staatsbudgets hängt in allen drei Fällen von der Lohnbildung ab. Je weniger stark die Löhne ansteigen, umso geringer die Belastung der Sozialversicherungen durch mehr Arbeitslosigkeit, umso positiver der Finanzierungssaldo des Staates. Die Verfasser der Studie folgern, dass eine erfolgreiche Dematerialisierung mit positiven Effekten für Wachstum, Beschäftigung und Staatshaushaltskonsolidierung entscheidend von der konkreten Ausgestaltung abhängt und Maßnahmen der Lohnmoderation bedarf.

Die Aachener Stiftung Kathy Beys stellte im Jahr 2005 die Ergebnisse eines Forschungsprogramms über die volkswirtschaftlichen Effekte von Verbesserungen der Ressourcenproduktivität in Deutschland vor. Untersucht wurden die Wirkungen eines möglichen Informations- und Beratungsprogramms im Verarbeitenden Gewerbe und im Öffentlichen Dienst, welches einzelbetriebliche Potenziale der Materialeinsparung durch den Abbau von Hemmnissen und Maßnahmen wie „Design-to-Cost“ und „Zero Loss Management“ besser auszuschöpfen hilft. Mithilfe einer solchen Kommunikationsoffensive sollte es nach Einschätzung der Unternehmensberatung Arthur D. Little möglich sein, 20% der eingesetzten Materialien zu reduzieren. Diese Materialeffizienzsteigerungsvariante wird als Aachener Szenario bezeichnet. Untersucht wurden desweiteren Anstrengungen dieses Aachener Szenarios, eine 20%-ige Ressourcenproduktivitätserhöhung durch ein modifiziertes Mehrwertsteuersystem oder eine Materialinputsteuer zu flankieren. Die folgenden Beiträge sind im Rahmen des Projektes „Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland“ entstanden.

Behrens et al. diskutieren in der Aachener Stiftung Kathy Beys (Hg.) (2005) eine Materialinputsteuer als ökonomischen Anreizmechanismus, um die Materialentnahme aus der Umwelt zu reduzieren. Besteuert werden sollen alle Stoffströme, die in den „industriellen Metabolismus der Ökonomie hineingehen“. Die Materialinputs stellen

dann nicht nur einen Umweltbelastungsindikator dar, sondern dienen auch als Bemessungsgrundlage der spezifischen Besteuerung. Eine monetäre Belastung des Produktionsfaktors Material sollte Entlastungen des Inputfaktors Arbeit gestatten und damit die Beschäftigung erhöhen.

Die Einführung einer Ressourcensteuer wurde mit PANTA RHEI von der GWS simuliert. Distelkamp/Meyer/Wolter (2005a) versuchen zu beantworten, ob eine Politik der Ressourceneffizienzsteigerung mittels Materialinputsteuer in der Lage ist, eine nachhaltige Konsolidierung des Staatsetats, eine Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Beschäftigungszuwächse zu befördern.

Die Autoren diagnostizieren, dass das deutsche System an einer zu hohen Belastung des Faktors Arbeit mit Sozialversicherungsabgaben krankt. Die Lohnkosten für Unternehmen sind doppelt so hoch wie die Nettolöhne und lassen Arbeitskraft in großem Umfang ungenutzt. Hierunter haben auch die Staatseinnahmen zu leiden.

Auch in puncto Nachhaltigkeit bestehen Defizite. Die Rohstoffproduktivität im Materialbereich reicht bisher nicht aus, um Wirtschaftswachstum und den Bedarf an nicht-energetischen Ressourcen zu entkoppeln. Die Entkoppelung von CO₂-Emissionen und Wachstum ist zu einem guten Teil dem Ende der Braunkohleförderung in Ostdeutschland zu verdanken. Das ursprüngliche Aachener Szenario vermochte in den Modellrechnungen zwar äußerst günstig auf die ökonomischen Variablen einzuwirken, aber der Materialverbrauch blieb durch das gesteigerte Wachstum nahezu konstant.

Wird eine Materialinputsteuer in die Modellkalkulationen mit einbezogen, ergibt sich im Hinblick auf die ökologische Zielvariable ein anderes Bild. Die Ressourcenproduktivität wird gesteigert und der absolute Ressourcenverbrauch reduziert. Wobei die Ressourcen einsparende Wirkung geringer als theoretisch erwartet ist. Dies liegt daran, dass der Einfluss von Preissignalen im Bereich der Materialinputs im Beobachtungszeitraum, der in der Studie bereits im Jahr 2000 endet, häufig schwach gewesen ist, da sich Zeiten extremer Preisanstiege mit Phasen sinkender Rohstoffkosten abwechselten und die Rohstoffpreise real sogar leicht gefallen sind. Unternehmen zögern somit sehr lange, um aufwändig Ressourceneinsparungen zu bewerkstelligen. Aus diesem Grunde sind die geschätzten Preiselastizitäten sehr gering. Im Modell wird die Einführung der Materialinputsteuer durch eine im Gegenzug gesenkte Einkommenssteuer kompensiert. Die Wirkungen der Ressourcensteuer auf die makroökonomischen Variablen sind gering. Aber in Kombination mit dem Aachener Szenario ergeben sich positive Effekte für die Konsolidierung des Staatshaushaltes, den Abbau der Arbeitslosigkeit und die globale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen.

Alternativ zur Einführung einer Materialinputsteuer diskutieren Distelkamp/Meyer/Wolter (2005b) die Wachstums- und Beschäftigungswirkungen eines veränderten Mehrwertsteuersystems. Die Veränderung des Mehrwertsteuersystems soll aufkommensneutral sein. Arbeit und Dienstleistungen

werden entlastet, Waren entsprechend belastet, da ihre Herstellung natürliche Ressourcen beansprucht. Das Untersuchungsszenario nimmt an, dass der Mehrwertsteuersatz auf Dienstleistungen im Jahr 2005 halbiert und 2010 gänzlich abgeschafft wird. Die staatlichen Einnahmeausfälle werden durch eine kompensierende Belastung von materiellen Gütern aufgefangen, die Mehrwertsteuersätze für normale Waren steigen um 3 Prozentpunkte in der ersten bzw. um 6 Prozentpunkte in der zweiten Erhöhungsstufe. Ein erfreulicher Nebeneffekt könnte hier auch die Verringerung von Schwarzarbeit sein, die aber im Modell nicht quantifiziert werden kann, da keine verlässlichen statistischen Daten vorliegen. Als Ergebnis der Simulationsstudie mit dem Modell PANTA RHEI ist eine Veränderung der Endverbraucherpreise festzustellen. Die Preise für Dienstleistungen fallen um 13,5%, die Preise für Waren und Ressourcen steigen dagegen um durchschnittlich 4% an. Die Beschaffungspreise für Unternehmen sind nicht betroffen, da diese vorsteuerabzugsberechtigt sind und ein erhöhter Mehrwertsteuersatz für sie nur einen durchlaufenden Posten darstellt. Die Preisverschiebungen führen zu einer gütermäßig neu zusammengesetzten Nachfrage der Verbraucher, die ihrerseits Veränderungen in der volkswirtschaftlichen Produktionsstruktur induziert. Gewinner ist der Dienstleistungssektor, im Besonderen der Handel und der Bereich Verkehr und Nachrichtenübermittlung. Verlierer dieser Entwicklung wären in erster Linie das Baugewerbe, die Energie- und Wasserversorgung, das Verarbeitende Gewerbe und auch die Landwirtschaft. Unter dem Strich steigt die Anzahl der Beschäftigten um 150 000. Die bevorteilten Wirtschaftsbereiche können den Verlust von Jobs in den Sektoren mit Produktionsrückgang kompensieren und schaffen noch ein zusätzliches Plus an Arbeitsplätzen. Dies wird durch eine im Verhältnis zum Produzierenden Gewerbe niedrigere Arbeitsproduktivität im Dienstleistungssektor möglich. Es werden also mehr Beschäftigte benötigt um dieselbe Wertschöpfung zu erzeugen. Das BIP wird kaum beeinflusst und die Ressourcenverwendung sinkt leicht um 1%.

Die Bedeutung der privaten Endnachfrage für die Wirtschaftsstruktur und damit den Materialverbrauch wurde in der gerade vorgestellten Studie hervorgehoben. Natürlich ist auch die Nachfrage der 59 Produktionsbereiche der Volkswirtschaft von Bedeutung. Soll eine Strategie der Dematerialisierung maximal effizient sein, müssen Maßnahmen dort ansetzen, wo sie den größten Hebeleffekt in Bezug auf Materialeinsparungen haben. Dazu müssen die Bereiche identifiziert werden, in denen mit verhältnismäßig wenig Aufwand viel erreicht werden kann. In Distelkamp/Meyer/Wolter (2005c) wird mit Hilfe einer Matrix der Materialinputs, die aus Daten des Wuppertal Instituts für das Jahr 2000 besteht, die Endnachfrage der privaten Haushalte für alle 43 Verwendungszwecke nacheinander um eine Milliarde abgesenkt. So kann isoliert werden, welche Reduktion wie viel Auswirkung auf den Total Material Requirement (TMR) hat. In der Realität würde nicht, wie bisher in der Modellierung des Aachener Szenarios unterstellt, die Ressourcenproduktivität gleichmäßig über alle Wirtschaftssektoren ansteigen, sondern das vom Staat moderierte und von privaten Beratungsfirmen durchgeführte Informationsprogramm würde in den einzelnen Bereichen die Einsparungen unterschiedlich stark ausfallen lassen, beziehungsweise

es könnte dort forciert werden, wo es am erfolgversprechendsten ist. Die Suche nach den Technologien und Gütergruppen, die die stärksten Einsparungen nach Berücksichtigung aller direkten und indirekten Effekte erlauben, ist Gegenstand der Untersuchung. Welche Verwendungszwecke des Konsums der privaten Haushalte haben einen besonders hohen Materialverbrauch bis zu ihrer Bereitstellung? Der Verwendungszweck „Feste Brennstoffe“ erfordert einen hohen Einsatz von Kohle und ist Spitzenreiter der materialintensiven Verwendungszwecke, gefolgt vom Verwendungszweck „Strom“. Reduziert man die Endnachfrage der Privaten Haushalte sukzessive um eine Milliarde Euro, wird durch die Materialeinsparung in den beiden vorher genannten Konsumverwendungszwecken bereits über 60% der Einsparungen realisiert, die auftreten würden, wenn alle Konsumverwendungszwecke um 1 Mrd. € reduziert werden. Die Gesamteinsparung würde in absoluten Zahlen etwa 150 Mio. Tonnen TMR für 2001 bedeuten.

Bei der Frage nach der ressourcenproduktivsten Technologie zeigt sich, dass wenige Inputkoeffizienten in der Produktionsverflechtungsmatrix für eine übergroße Menge an Materialaufwand verantwortlich sind. Die Produktionsverflechtung besteht aus 59 Produktionssektoren. Theoretisch kann jeder Sektor an jeden anderen Vorleistungsinputs liefern. Somit erhält man 59 x 59 Inputkoeffizienten. Eine Senkung der zehn wichtigsten Inputkoeffizienten um 1% macht die Hälfte der Wirkung der Senkung aller 3481 Inputkoeffizienten um 1% aus. Dies zeigt Bereiche auf, in denen es außerordentlich vernünftig wäre Investitionen in Forschung und Entwicklung konzentriert zu unternehmen. Die Autoren konstatieren, dass eine mit der „Rasenmähermethode“ arbeitende Politik als ineffizient abzulehnen sei. Die als für den Ressourcenbedarf identifizierten Schlüsseltechnologien sind diejenigen in den Produktionsbereichen Energieerzeugung, Metallverarbeitung, Bausektor und Nahrungsmittel. Diese ineffizienten Technologien sollten als Ansatzpunkt für einen Dialog mit Technikexperten zur Substitution durch ressourcensparendere Technologien dienen.

Eine breitere Untersuchung des Beratungs- und Informationsprogramms zur Reduktion des Materialaufwands wird in Meyer/Distelkamp/Wolter (2006) unternommen. Die ökonomischen Zielvariablen werden um ökologische Indikatoren ergänzt. Die Wirkungen des Aachener Szenarios werden mit dem umwelt-ökonomischen Modell PANTA RHEI simuliert. Erst wird ein Basisszenario ohne Politikveränderungen durchgespielt, welches zeigt, dass es eine große Nachhaltigkeitslücke bei der Nutzung von Land und beim Verbrauch von Ressourcen gibt. Einzig das Ziel der Reduktion von Treibhausgasen, wie im Kyoto-Abkommen vereinbart, kann bei rigoroser Anwendung von eigens dafür geschaffenen Instrumenten bis 2020 erreicht werden. Bei einer alternativen Simulation der Entwicklung bis 2020 wird angenommen, dass das Consulting-Programm zur Materialeffizienzsteigerung 20% beim Ressourceneninput einsparen kann. Unnütze schwere Konstruktionen werden vermieden, unnötige Materialverschwendung in der Produktion minimiert, die Recyclingraten erhöht. Eine Entkoppelung vom BIP-Wachstum und Ressourcenverbrauch wird möglich. Das

Informationsprogramm erhöht das Wirtschaftswachstum und hält die Materialentnahme aus der Natur konstant. Ein starker Rebound-Effekt verhindert eine absolute Abnahme der Materialaufwendungen. Die Erhöhung der Materialproduktivität bleibt allerdings hinter den Zielen des Nachhaltigkeitsrates zurück. Bessere Resultate bezüglich der ökologischen Indikatoren könnten nach Ansicht der Forscher erzielt werden, wenn die Dematerialisierungspolitik verstärkt in den Sektoren ansetzen würde, von denen die größte direkte und indirekte Wirkung auf den Materialverbrauch ausgeht.

3.3 Ein europäisches Modellszenario

Wenn es darum geht die Bedeutung der Materialeffizienz für Deutschland abzuschätzen, muss natürlich berücksichtigt werden, dass die Bundesrepublik inzwischen Teil eines größeren politischen Gebildes ist. Dies gilt insbesondere für die Wirtschaft, die Teil des europäischen Binnenmarktes ist. In den bislang vorgestellten Arbeiten wurden die Wirkungen von Ressourceneffizienzprogrammen nur isoliert für Deutschland modelliert und die Weltdaten als exogen angenommen. Giljum et al. (2007) modellieren verschiedene Nachhaltigkeitsszenarien auf europäischer Ebene unter Verwendung des Global Interindustry Forecasting System (GINFORS) der GWS. GINFORS ist ein Weltmodell, in dem Interdependenzen von Ökonomie, Energieeinsatz und Umwelt abgebildet werden. Bestehend aus 54 sektoral disaggregierten Ländern und zwei Weltregionen arbeitet es wie INFORGE und PANTA RHEI entsprechend der INFORUM-Philosophie. Die 25 EU-Mitgliedsstaaten sind explizit mit eigenen Ländermodellen repräsentiert. Zur Simulation werden internationale Zeitreihendaten von 1980 bis 2002 eingesetzt. Die Parameter der Verhaltensgleichungen werden ökonometrisch unter Annahme von beschränkt rationalem Verhalten der ökonomischen Agenten und myopischer Voraussicht geschätzt.

Die zu beantwortende Frage lautet: Wie verändert sich die innereuropäische Ressourcenextraktion unter verschiedenen Politikoptionen. Mit dem Modell können zwar auch ökonomische Variablen abgeschätzt werden, im Zentrum des referierten Forschungspapiers wird aber auf die Vorhersage von Materialentnahmestrukturen abgezielt.

Das Referenzszenario extrapoliert die momentanen Trends der wirtschaftlichen Entwicklung ohne zusätzliche politische Interventionen bis 2020. Das Ergebnis sind ein unverändertes Niveau von verwendeter heimischer Materialentnahme in der EU und eine abnehmende Entnahme nicht verwendeter Ressourcen. Das Wirtschaftswachstum entkoppelt sich aber nicht vom Materialbedarf, sondern wird durch die Materialextraktion in anderen Weltregionen gespeist. Das zweite Szenario repräsentiert die in Dokumenten der Europäischen Union vereinbarte Strategie nachhaltiger Politik (6th Environmental Action Programme). Das letzte Szenario geht über die von der EU avisierten Ziele hinaus, wobei die gleichen Politikmaßnahmen, nur mit höherer Intensität angenommen werden. Diese Maßnahmen beinhalten Steuern auf CO₂-Emissionen, Anstrengungen die Metall-Recyclingraten zu erhöhen und ein

Beratungsprogramm zur Erhöhung der Materialeffizienz in der Industrie, vergleichbar mit dem Aachener Szenario.

Die beiden Nachhaltigkeitsszenarien ermöglichen eine leichte absolute Verringerung der heimischen Ressourcenentnahme in allen europäischen Staaten durch eine signifikant gestiegene Ressourcenproduktivität. Ergänzend merken die Autoren an, dass ein guter Policy-Mix eine Win-Win Situation für Umwelt und Wirtschaft schaffen kann. Ressourceneffizienz-Strategien auf der Mikro-Ebene machen die europäischen Unternehmen wettbewerbsfähiger und generieren zusätzliche Arbeitsplätze. Jedoch befördert dies zusätzliches Wachstum, was eventuell zu negativen Rebound-Effekten beim Materialverbrauch führen kann. Daher empfehlen sie flankierende Maßnahmen zur Preisbeeinflussung von Energie und Material.

3.4 Weitere Anwendungen der Input-Output-Methodik

Grundlegender integriert Voßkamp (2002) die Perspektiven von Mikro-, Meso- und Makroökonomie in einem Input-Output-Ansatz. Er zeigt, wie in einem solchen Modellrahmen auch der Ressourcenverbrauch als Inputfaktor neben Kapital und Arbeit angesehen werden kann. Dies geschieht am Beispiel der Wirkungen von Innovationen. Innovationen spielen sich zunächst auf der Unternehmensebene ab und sind damit ein mikroökonomisches Phänomen. Da es eine Vorleistungs- und Investitionsverflechtung zwischen den Unternehmen gibt, erzeugen die Innovationen auf der sektoralen Ebene Preis- und Mengenwirkungen, Spillovers sowie Diffusionsprozesse inner- und interindustriell. Hierdurch wird die Wirtschaftsstruktur verändert, eine Aggregation der sektoralen Geschehnisse führt dann zum gesamtwirtschaftlichen Level. Um ein solches Micro-to-Macro-Modell empirisch einzusetzen wird die Input-Output-Analyse, die Meso- und Makroebene miteinander verbindet, mit semi-artifiziellen Marktsimulationsmodellen gekoppelt, die detaillierte Untersuchungen einzelner Märkte auf Mikroebene zulassen, denn Datensätze sind häufig nur für die Makro- und Mesoebene vorhanden. Diese Art Micro-to-Macro-Modelle sind in der Lage „compositional effects“ zu berücksichtigen und gleichzeitig Aussagen über makroökonomische Variablen zu machen.

Moll/Bringezu/Femia/Hinterberger (2002) analysieren den stofflichen Ressourcenverbrauch einer Volkswirtschaft ebenfalls mit der Input-Output-Methodik. Ausgehend vom Faktum, dass in Industrieländern jährliche Stoffumsätze (ohne Luft und Wasser) von 45 bis 80 Tonnen pro Person festzustellen sind und dies für eine Weltbevölkerung von über 6 Mrd. nicht dauerhaft tragfähig sei, sollen Entkopplungstendenzen von Wachstum und Naturverbrauch der deutschen Volkswirtschaft untersucht und Schlüsse für zukünftige Strategien einer weiteren Entkopplung gezogen werden. Basierend auf der Annahme einer realen makroökonomischen Produktionsfunktion mit den für die Wertschöpfung bestimmenden primären Produktionsfaktoren Arbeit und Natur, wobei der Kapitalstock aus den primären Faktoren geschaffen wird, konzentriert sich das Forschungsinteresse auf den Produktionsfaktor Natur. Der technische

Fortschritt bestimmt das Einsatzverhältnis der beiden primären Faktoren und wird nicht als eigenständiger Faktor betrachtet.

In der Untersuchung sollte herausgefunden werden, welche wirtschaftlichen Aktivitäten in welchem Maße in der Vergangenheit den stofflichen Ressourcenbedarf der deutschen Volkswirtschaft bestimmt haben. War die Triebkraft der Entwicklung die Produktion, der Konsum, die Importe oder die inländische Extraktion?

Es werden drei Komponenten identifiziert, die für einen Strukturwandel in Richtung Entkopplung sorgen könnten: Die technische Ressourceneffizienz der Produktion, die Struktur der Zusammensetzung des Konsums und das Niveau der gesamten Wirtschaftsleistung. In der Input-Output-Analyse der Komponenten für den Zeitraum von 1980 bis 1990 geht es darum die Sektoren, die endnachgefragten Güter und Kategorien des Konsums zu finden, die den Trend der Entkopplung verstärkt bzw. behindert haben. Als Indikator der Ressourcenentnahme dient der TMR (Total Material Requirement), der die abhängige Variable der Untersuchungen darstellt. Mittels der Technik der Dekomposition werden die ökonomischen Variablen ermittelt, die am meisten zur Veränderung des totalen Materialerfordernisses beitragen.

Ressourcenverbrauchssteigernd wirkte hauptsächlich die gestiegene letzte Verwendung folgender Gütergruppen: NE-Metalle und NE-Metallhalbezeug, Straßenfahrzeuge und Elektrizität, Dampf, Warmwasser. Ressourcenverbrauchsschonend wirkte dagegen die reduzierte letzte Verwendung der Gütergruppen Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus, Eisen und Stahl, Hoch- und Tiefbauleistungen sowie Bergbauerzeugnisse.

Der private Verbrauch, die Ausrüstungsinvestitionen und der Export sorgten für einen Anstieg der Gesamtendnachfrage, die ihrerseits ressourcenverbrauchssteigernd wirkte. Die Veränderungen intersektoraler Verflechtungen trugen zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz bei, die Effizienz der rohstoffgewinnenden Sektoren nahm allerdings ab.

In Moll und Acosta (2006) werden 10 Produktketten identifiziert und gerankt, die für 2/3 der gesamten deutschen Materialerfordernisse und umweltrelevanten Emissionen verantwortlich sind. Die mit Hilfe einer umweltökonomischen Input-Output-Analyse und Verwendung von NAMEA-Tabellen (volkswirtschaftliche Gesamtrechnungsmatrizen mit Umweltkonten) identifizierten Produktgruppen sind u.a. Bauleistungen, Nahrungsmittel, Kraftfahrzeuge, Metalle und Strom. Da die meiste Umweltbelastung sowohl mit Hinblick auf Naturentnahme als auch in Bezug auf Emissionen auf das Konto dieser Produktgruppen geht, sollte sich eine integrierte Produktpolitik zunächst auf diese Produktketten richten.

4 Ansatzpunkte & Instrumente zur Erhöhung der Materialproduktivität

Einige Instrumente zur Erhöhung der Ressourceneffizienz sind schon im Rahmen der angeführten Input-Output-Modellierungen analysiert worden, allen voran der Ansatz, mit einem Informations- und Kommunikationsprogramm auf betrieblicher Ebene Materialproduktivitätspotenziale zu erschließen. Ebenso wurde die Möglichkeit eines direkteren Eingreifens in den Markt mit Instrumenten der Besteuerung diskutiert. Beispiele waren die Modifizierung des Mehrwertsteuersatzes und eine Materialinputsteuer. Die Möglichkeit im Hinblick auf die Effekte der Einführung einer Materialinputsteuer auf internationale Erfahrungen zurückzugreifen ist eingeschränkt, da dieses Instrument bisher in anderen Ländern nur vereinzelt und auf einzelne Materialkategorien beschränkt eingeführt wurde. Zu verweisen ist diesbezüglich auf die „Aggregates Levy“ in Großbritannien, einer Steuer auf die inländische Gewinnung von Baustoffen, auf die schwedische Steuer auf Kies und Schotter sowie auf die (sehr geringe) dänische Steuer auf Rohmaterialien (vgl. Behrens et al., 2005).

Besonders aber Japan ist Vorreiter auf dem Gebiet der Ressourcenproduktivität und hat eine ganze Reihe von Maßnahmen zur Sicherung der Nachhaltigkeit seines Wirtschaftens implementiert. Deshalb wird im Anschluss an die Darstellung des Forschungsprogramms des Wuppertal Institutes zu Ansätzen der Verbesserung der Ressourcenproduktivität die japanische Dematerialisierungsstrategie als eine Art Benchmark für Deutschland vorgestellt.

4.1 Das Ressourceneffizienzforschungsprogramm des Wuppertal Instituts

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hat das Wuppertal Institut sich in einem Projekt mit dem Titel „Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“ mit vier Schwerpunkten der Materialeffizienzdebatte befasst. Ziel des Projektes war die Weiterentwicklung von Informationssystemen, die Identifizierung so genannter Hot Spots, die Erfolgsfaktoren, Hemmnisse oder Potenziale aufzeigen, die Entwicklung von Anreizstrukturen, die einen effizienten Umgang mit Ressourcen befördern, sowie die Abschätzung sektoraler Verbesserungsmöglichkeiten.

Acosta-Fernandez (2007) versucht prioritäre Aktionsfelder für die Steigerung gesamtwirtschaftlicher Ressourcenproduktivität auszumachen. Die Kenngröße hierfür ist die absolute Höhe der direkten und indirekten Auswirkung der jeweiligen Produktion auf den globalen Materialaufwand. Es wird nach den Wirtschaftssektoren mit den größten Einsparpotenzialen gefragt. Hierzu betrachtet der Verfasser die in Deutschland zwischen 1991 und 2000 stattgefundenen Veränderungen bei der verwendeten sektoralen Produktionstechnik und Verschiebungen in der Branchenzusammensetzung. Unterschieden werden muss im Hinblick auf die

gesamtwirtschaftliche Ressourcenproduktivitätserhöhung durch Reduktion des Verbrauchs an Inputs, ob die Branchenzusammensetzung konstant bleibt und sich die Produktionstechnik verbessert, oder ob die Produktionstechnik unverändert bleibt und die Branchenzusammensetzung durch den Aufbau oder Abbau von Kapazitäten variiert. Mittels Input-Output-Analyse wird der Geldwert der für die Konsumnachfrage produzierten Waren ermittelt und mit dem physischen Materialaufwand verknüpft. Aufbauend auf der für die inländisch produzierten Güter ermittelten direkten und indirekten TMR-Intensität wird der Ressourcenaufwand berechnet, den die inländischen Sektoren durch ihre Produktion für die Endnachfrage induzieren, der Ressourcenverbrauchs-Gehalt untergliedert nach Sektoren, die Organisationsstruktur der Materialflüsse ermittelt und der Effekt einer hypothetischen Reduzierung der Produktionsmenge eines Sektors auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch simuliert. Die Aktionsfelder können durch die stufenweise herausgefilterten Kernsektoren, mit Hinblick auf ihre Multiplikatoreigenschaften bezüglich des gesamtwirtschaftlichen Ressourcenaufwandes, bestimmt werden. Die unter diesem Aspekt wichtigsten Sektoren sind „Bauleistungen“, „Nahrungs- und Futtermittel“ sowie „Metalle“ und „Energie“. Eine starke gesamtwirtschaftliche Abhängigkeit des Ressourcenverbrauchs geht von den Bereichen „Kohle und Torf“ sowie „Steine und Erden“ aus. Im Gegensatz zu den erstgenannten Sektoren ist für diese keine Steigerung der Ressourcenproduktivität im Beobachtungszeitraum erkennbar. Daher sollte der Vorleistungsbezug aus diesen beiden Sektoren reduziert werden.

Acosta-Fernandez und Bringezu (2007) untersuchen sektorale Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft und ihre Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung. Für ausgewählte Sektoren mit besonders starkem Ressourcenaufwand, die bereits in der vorhergehenden Studie identifiziert worden sind, wird die Ausgangslage der direkten und indirekten Effekte auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch quantifiziert. Darauf basierend wird versucht theoretische Potenziale durch Veränderungen in der angewandten Produktionstechnik in den einzelnen Sektoren und der Zusammensetzung der Sektoren zur Erhöhung der Ressourceneffizienz aufzudecken. Außer dem totalen Materialaufwand, der von diesen Veränderungen beeinflusst wird, werden die Effekte auf die Emissionsseite, Treibhausgase und die ökonomischen Variablen Bruttowertschöpfung und Erwerbstätigkeit berücksichtigt. Die Daten für das totale Materialerfordernis stammen aus der MFA-Datenbank des Wuppertal Instituts; die sektorale wirtschaftliche Verflechtung wird mit Hilfe einer monetären Input-Output-Tabelle analysiert. Für eine gleichbleibende Endnachfragezusammensetzung werden die sektoralen direkten Vorleistungen der 12 ressourcenintensivsten Branchen hypothetisch um 10% reduziert. Ergebnis einer solchen technischen Verbesserung könnte eine 20%-ige Verminderung des Gesamtressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft sein. Die Bruttowertschöpfung würde leicht ansteigen, positive Wirkungen auf die Erwerbstätigkeit könnten mit einer adäquaten Beschäftigungspolitik erzielt werden. Der Rückgang der Treibhausgase wird

auf 15% geschätzt. Bleibt das Volumen der Endnachfrage konstant, verändert sich aber die Zusammensetzung in der Art, dass 10% der Endnachfrage von den 12 ressourcenintensivsten Bereichen in die anderen Sektoren umgelenkt werden, sind folgende Ergebnisse zu betrachten: Der globale Ressourcenaufwand sinkt um 6%, die Treibhausgas-Emissionen werden um 4% gemindert, die Bruttowertschöpfung bleibt unverändert und eine geringfügige Beschäftigungszunahme könnte erreicht werden. Es wird konstatiert, dass eine Dematerialisierung der Wirtschaft synergetisch mit positiven Effekten für Ressourcen- und Klimaschutz einherginge und Bruttowertschöpfung und Beschäftigung positiv oder neutral beeinflusst würden.

Ein weiterer Forschungsreport (Ritthoff et al. 2007) analysiert die Technologien zur Ressourceneffizienzsteigerung genauer. Es wird nach neuralgischen Punkten innerhalb der Wertschöpfungskette gesucht, an denen durch die Verwendung bestehender oder noch zu entwickelnder Technologien Verbesserungen der Materialeffizienz zu bewerkstelligen wären. Anhand von Beispielen werden „Hot Spots“ entlang der Wertschöpfungskette aufgezeigt, die eine möglichst langreichende Wirkung auf die Kette in puncto Ressourceneffizienz haben. Hier wird die Mikroebene betrachtet, die Einsparungen in der oben angenommenen Größenordnung auf der Mesoebene induzieren kann. Ansatzpunkte werden in sieben Bereichen gesehen. Erstens sollte bei der Auswahl der Rohstoffe sehr genau abgewogen werden, ob Produkte mit hoher Recyclingfähigkeit oder geringem ökologischen Rucksack verwendet werden, da es nicht selten zu einem Trade-Off zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitsvariablen kommt. Zweitens sollte es einen gezielten Einsatz neuer maßgeschneiderter Werkstoffe geben. Drittens haben die Fertigungsverfahren einen nicht geringen Einfluss auf die Ressourceneffizienz. Viertens hat die Produktgestaltung Auswirkung auf Lebensdauer und Leistungsfähigkeit und damit auf die Materialbilanz. Für neue Querschnittstechnologien als fünften Punkt kann eine breite Einsetzbarkeit mit großen Chancen verbunden sein, es bestehen aber auch Gefahren von Reboundeffekten. Sechstens bietet der Transfer von Forschung in die betriebliche Praxis etliche ungenutzte Potenziale und der Forschungoutput im Bereich technischer Ressourceneffizienz könnte durch mehr Gelder auch entsprechend erhöht werden. Siebtens schließlich bestimmt die Konstruktion von Infrastrukturen erheblich über den Ressourcenbedarf bei Produktions-, Siedlungs- und Versorgungsstrukturen und der Bedarf zum Bau und Unterhalt dieser Infrastrukturen ist ebenfalls von Belang.

Die Kernfrage von Kristof et al. (2007) ist: „Welche zentralen Ansatzpunkte für organisatorische und institutionelle Innovationen finden sich im unternehmerischen Handeln, die die Ressourceneffizienz erfolgreich steigern können?“ Die Antwort der Autoren lautet, dass viele Managementtechniken, die für andere Zwecke entwickelt wurden, das Potenzial haben, im Unternehmen und in Wertschöpfungsketten die Ressourceneffizienz zu steigern. Sie identifizieren sieben wichtige Ansatzpunkte, die in der Untersuchung als Stellschrauben bezeichnet werden. Status-Quo-Analysen schaffen Kenntnis über den Ausgangspunkt und wirken handlungsleitend. Datenbasiertes Informationsmanagement liefert den betrieblichen Entscheidern

komprimierte Information über die Umweltauswirkungen von Betriebsprozessen. Eine weitere Stellschraube ist die Zielausrichtung von Unternehmen im Umweltbereich, die, wenn sie über den gesetzlichen Mindeststandards liegt, zusätzliche kostenintensivere gesetzliche Regelungen vermeiden kann. Ebenfalls stellt die Produktbewertung und -entwicklung aus Umweltgesichtspunkten ein wichtiges Feld zur Verbesserung von Produkten hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz dar. Beim Qualitätsmanagement ist von Bedeutung, dass Ressourceneffizienz explizit betrachtet wird und dass wertschöpfungskettenübergreifend optimiert wird. Lernprozesse im und ums Unternehmen spielen eine Rolle, wenn Materialeffizienz strategisch erschlossen und langfristig realisiert werden soll. Die letzte Stellschraube ist die Berücksichtigung von Effizienz beim Input von Ressourcen und Vermeidung von negativen Umweltauswirkungen in integrierten Managementsystemen.

Nachdem Ansatzpunkte der Ressourceneffizienzsteigerung auf der Mikroebene vorgestellt wurden, sollen nun die Ergebnisse der Studie von Bahn-Wolkowiak et al. (2007) zu Anreizinstrumenten auf der Makro- und Mesoebene referiert werden.

Es wird eine Vielzahl von Instrumenten diskutiert, die nicht alle als Instrumente zur Ressourceneffizienzsteigerung konzipiert worden sind. So zum Beispiel fiskalpolitische Maßnahmen wie Steuern, Subventionen oder Steuervergünstigungen, Mengenregelungen wie Emissionshandel, regulatorisch-ordnungsrechtliche Instrumente wie Verordnungen und Kennzeichnungen, Technologie- und Innovationsinstrumente wie Förderinitiativen, Markteinführungsprogramme oder Diffusionsberatung, sowie politische Langfriststrategien auf europäischer oder Bundesebene. Nicht betrachtet werden Verbotsregelungen.

Es kann festgestellt werden, dass ökonomische Instrumente in der Realität häufig unter ihrer eigentlichen Leistungsfähigkeit zurückbleiben, da sie nicht strikt angewendet werden. Regulatorische Maßnahmen dagegen sind nicht selten flexibler als erwartet und bieten Raum für Weiterentwicklungen. Innovationsfördernde und informationsorientierte Instrumente sind mit den beiden erstgenannten Arten von Instrumenten kompatibel. Dies ist von Bedeutung, da Instrumente meistens in einem Policy-Mix wirken und komplexe Wechselwirkungen auftreten können. Ferner werden die Impulsrichtung und -stärke der Instrumente abgeschätzt. Bei fossilen Energieträgern besteht Bedarf an der Erhöhung der Impulsstärke der hinreichend vorhandenen Instrumente. Für Metalle und Baustoffe sollte nach zusätzlichen Instrumenten gesucht werden, um bisherige durch exogene Faktoren hervorgerufene Erfolge bei der Ressourceneffizienz zu steigern. Vermehrt werden Instrumente im Bereich der biotischen Stoffe eingesetzt, die teilweise aber negative nicht-intendierte Folgen hatten: Die Förderung von Biokraftstoffen verdrängte andere umweltfreundliche Alternativen und führte international zu Engpässen in der Nahrungsmittelversorgung. Hier und bei der Lebensmittelerzeugung, für die bislang keine Instrumente zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität vorhanden sind, besteht Nachbesserungsbedarf. Desweiteren sollte die Instrumentendebatte den Bereich der

Industriemetalle berücksichtigen, da dieser mengenmäßig zwar klein, aber von immenser ökonomischer Bedeutung ist.

4.2 Die Dematerialisierungsstrategie Japans als Vorbild für Deutschland

Das Wuppertal Institut hat in einem Forschungsprogramm untersucht, welche Ressourceneffizienzpolitiken und -instrumente Japan im Rahmen seiner 3R-Strategie (Reduce, Reuse, Recycle) verwendet und welche Möglichkeiten für eine Implementation in Deutschland bestehen.

Deutschland und Japan sind strukturell vergleichbare Länder in Bezug auf Exportorientierung der Wirtschaft, Importabhängigkeit von Ressourcen und Beheimatung von Hochtechnologie-Industrien. Von besonderem Interesse sind die breitangelegte 3R-Strategie und die japanischen Governance-Strukturen im Bereich Umweltpolitik.

Bahn-Walkowiak et al. (2008) schildern zunächst die Besonderheiten der japanischen Dematerialisierungsstrategie. Japans Vision einer Recycling-orientierten Gesellschaft wird konsequent durch legislative Maßnahmen und konzertierte Politiken der Ministerien für Umwelt und Wirtschaft befördert. Das Fundament ist das Rahmengesetz zum Aufbau einer Materialkreislaufgesellschaft aus dem Jahr 2000. Das japanische Umweltministerium hat 2003 einen grundlegenden Plan mit quantitativen Zielen zur Erreichung der sogenannten „Sound Material-Cycle Society“ veröffentlicht. Beim Materialinput soll die Ressourcenproduktivität – gemessen als Bruttoinlandsprodukt über direktem Materialverbrauch – bis 2010 um 40% gesteigert werden. Das Referenzjahr ist 2000. Die Recyclingrate soll ebenfalls um 40% gesteigert werden, wobei der Anteil des recycelten Inputs am direkten Gesamtmaterialinput dann bei 14% liegen würde. Das Reduktionsziel für die Menge an nicht wiederverwendbarem Müll liegt bei 50%.

Im japanischen Gesetzgebungsprozess werden zumeist im Vorfeld Entwürfe mit institutionalisierten Beratergremien abgestimmt, um Entscheidungen auf einen größtmöglichen gesellschaftlichen Konsens zu stellen. Im Umweltbereich sind vor allem drei Gremien relevant. Der „Central Environment Council“, das „Environmental Committee of the Industrial Structure Council“, sowie das „Advisory Committee for Natural Resources and Energy“. Sie alle sind unabhängig und bestehen aus akademischen und nicht-akademischen Experten. Die Einführung neuer Umweltgesetze verläuft so sehr reibungslos und mit einer starken Orientierung an den Bedürfnissen der Wirtschaft. Die Autoren kritisieren allerdings die Konzentration von Einfluss bei wenigen Fachleuten und die mangelnde Beteiligung von Stakeholdern.

Im Kern werden vier Politikinstrumente hervorgehoben. Im „Top Runner“-Programm setzt die Regierung das energieeffizienteste Produkt in einer Sparte als Standard für alle anderen Produkte dieser Kategorie fest. In einer bestimmten Zeitspanne müssen dann alle Produkte diesen Benchmark erfüllen. Das Programm existiert bereits für 21 Produktkategorien. Der Vorteil gegenüber konventionellen Zertifizierungen ist eine

dynamische Anpassung an den Stand der Technik und die Förderung kontinuierlicher Innovationen. Das „Eco Town“-Programm gibt finanzielle Anreize für Städte, Gemeinden und Siedlungen, ein integriertes Umwelt- und Ressourcenmanagement zu betreiben und zusammen mit der ansässigen Industrie eine möglichst weitgehende Reduktion des nicht-wiederverwendbaren Mülls zu erreichen.

Besonders erfolgreich ist die Politik der grünen öffentlichen Beschaffung. Die Richtlinien der Berücksichtigung von ökologischen Qualitätsmerkmalen sind für alle öffentlichen Behörden bindend, wobei der Umweltminister entsprechende Maßnahmen bei Nichteinhaltung einfordern kann.

Die Stromfluss-Analyse MFA sorgt für eine permanente Evaluation der 3R-Strategie auf nationaler Ebene und wird fortwährend weiterentwickelt.

Konsequenz der nähere Untersuchung der japanischen Umweltpolitik ist die Forderung nach verstärkter Kooperation zwischen Deutschland und Japan, um beispielsweise Indikatoren zu harmonisieren oder technische Benchmarks abzugleichen. Deutschland könnte Elemente der japanischen Strategie übernehmen und beobachtbare Fehler von vornherein vermeiden.

5 Politik- Konzeptionen zur Materialeffizienz

5.1 Programme und Initiativen

In Kristof et al. (2006) wird Ressourceneffizienz als gemeinsame Aufgabe von Wirtschaft, Gesellschaft und Politik gesehen.

Die Steigerung der Ressourceneffizienz kann als kommendes Topthema in der Politik ausgemacht werden. Deutschland hat eine Nachhaltigkeitsstrategie formuliert, die die Rohstoffproduktivität bis 2020 im Verhältnis zu 1994 verdoppeln will. Exemplarisch werden erfolgreiche Initiativen aus Wirtschaft und Gesellschaft vorgestellt, wie das Modell Hohenlohe. Ein Unternehmensnetzwerk aus 200 Unternehmen, welches Selbsthilfe zur Verwirklichung von Ideen zu betrieblichem Umweltschutz und nachhaltigem Wirtschaften bietet. Die Startphase wurde aus öffentlichen Geldern finanziert, inzwischen ist es finanziell selbsttragend.

Einige große Unternehmen sind Vorreiter einer auf Ressourceneffizienz ausgerichteten Produktion. Canon hat als Unternehmensziel die Verdoppelung der Umwelteffizienz bis 2010, Panasonic verfolgt einen Factor X Ansatz, der aus dem Quotienten „Improvement of Quality of Life“ im Verhältnis zu „Minimizing Environmental Impact“ besteht. Bei Sony werden die Produkte einer aufwendigen Life Cycle Beurteilung unterzogen. In Deutschland betreibt beispielsweise BASF einen produktintegrierten Umweltschutz (vgl. Mersiowsky (2005) und Kicherer (2005)).

Ein in ADL /Wuppertal Institut/ ISI (2005) und Wuppertal Institut/ ADL (2005) entworfenes Programm zur Materialeffizienzsteigerung in kleinen und

mittelständischen Unternehmen (KMU) ist inzwischen in konkrete Politik umgesetzt worden.

Aktivitäten in anderen Ländern wurden ausgewertet und haben gezeigt, dass die Programme aus einem Mix verschiedener Maßnahmen bestanden. Grundideen für das Materialeffizienzprogramm waren, dass ein Agenda-Setting bei verschiedenen Zielgruppen für das Thema erforderlich ist, dass Beratungsleistungen für technische und nicht-technische Lösungen Teil der Umsetzung sein sollten und ein quantitatives Ziel formuliert werden sollte. Schlussfolgerungen für KMU in Deutschland sind die spezifische Unterstützung auf die jeweiligen Erfordernisse zuzuschneiden, Hemmnisse für Diffusionsprozesse zu beseitigen und eine Institution zu schaffen, welche die Umsetzung des Programms betreibt. Letzteres ist mit der Einrichtung der deutschen Materialeffizienzagentur geschehen. Weitere Bausteine des realisierten Programmes sind ein Beratungspool, ein Materialeffizienz-Förderprogramm und die Ausschreibung eines Materialeffizienzpreises, der innovative Best-Practice-Beispiele für rentable Steigerungen der Materialeffizienz bei KMU mit jeweils 10 000 € auszeichnet (s. auch Kristof und Liedtke (2005) und (2005a)). Alle Maßnahmen werden regelmäßig evaluiert und damit auf den Prüfstand der Effektivität gestellt.

Experten und Praktiker diskutieren in Liedtke und Busch (2005), wie Materialeffizienz zum Erfolgsfaktor für innovative Produkte und Wettbewerbsfähigkeit werden kann.

Im ersten Teil werden ökologisch-ökonomische Effizienz-Steigerungen unter dem Aspekt einer normativen Handlungsstrategie betrachtet. Verschiedene Beiträge argumentieren, dass Materialeffizienz Teil des grundlegenden Managementverständnisses werden müsse, als Instrument zur Erhöhung von Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit dienen könne und auch zentrales Motiv in der Öffentlichen Beschaffung werden müsse. Der zweite Teil beschäftigt sich mit empirischen Erfahrungen von Ökoeffizienz-Konzepten in Unternehmen und liefert eine Bestandsaufnahme der Verbreitung des Materialeffizienz-Gedankens in der Wirtschaft.

Im abschließenden Teil werden Ideen gesammelt, wie Material- und Energieeffizienz in Unternehmen umgesetzt werden können und die Akzeptanz von bestehenden Konzepten erhöht werden kann. Unter anderem wird eine Erweiterung der Energieeffizienz-Klassifizierung von Produkten um weitere Aspekte der Ökoeffizienz skizziert, um Kunden eine Beurteilung der ökologischen Eigenschaften von Produkten und Dienstleistungen zu ermöglichen und damit die Nachfrage nach ökoeffizienten Angeboten zu stimulieren. Dieser Vorschlag wird auch in Dosch (2005) näher beschrieben.

Für die jüngst in Berlin stattgefundene 3. Innovationskonferenz „Faktor X: Eine dritte industrielle Revolution“ wurde von Rohn et al. (2008) ein aktueller Überblick zur Bedeutung der Ressourceneffizienz und erste Ergebnisse zu Ressourceneffizienzpotentialen durch Technologien, Produkte und Strategien zusammengestellt.

5.2 Strategien

Eine enge Kooperation zwischen Bundesregierung und dem Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), also zwischen Politik und Wirtschaft, findet auch bei der Formulierung einer Rohstoffstrategie für Deutschland statt (BMW 2007). Die Rohstoffversorgung wird dort in erster Linie als privatwirtschaftliche Aufgabe der Unternehmen in Deutschland gesehen. Wichtige Bestandteile sind die Erhöhung der Materialeffizienz und die Erschließung von Substitutionsmöglichkeiten für Rohstoffe.

In einem Memorandum des Bundesumweltministeriums (BMU 2006) zur ökologischen Industriepolitik wird ein „New Deal“ für Umwelt, Wirtschaft und Beschäftigung gefordert. Die Agenda einer ökologischen Industriepolitik soll in eine übergreifende Modernisierungsstrategie für Deutschland und Europa münden. Im Mittelpunkt der Agenda stehen technologische Fragen und Entwicklungen einer globalen Effizienzrevolution. Die Märkte der Zukunft sind nach politischer Einschätzung grün. Der Staat sollte daher Pionier dieser Entwicklung sein und Innovationen mit staatlicher Nachfrage, der Gestaltung eines ökologisch-intelligenten Ordnungsrahmens und ambitionierten Grenzwerten für Umweltschädigungen frühzeitig antreiben. Effizienztechnologien werden als ein Leitmarkt der Zukunft identifiziert. Besonderes Potenzial wird bei der materialeffizienten Konstruktion von Produkten, dem „Green Design“ verortet.

Die Europäische Kommission verfasste im Jahr 2001 das 6. Umweltaktionsprogramm (6th Environmental Action Programme) der EU als langfristiges Rahmenwerk der Umweltpolitik mit der wesentlichen Zielsetzung einer Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch. Konkrete Zielwerte und Zeitvorgaben zur Realisierung sollten in thematischen Strategien innerhalb von fünf Jahren folgen (vgl. Schepelmann 2006).

Die Thematische Strategie für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen wurde Ende 2005 veröffentlicht (EU-Europäische Kommission 2005) und beinhaltet drei Hauptkomponenten zur Entkopplung wirtschaftlichen Wachstums und Umweltschädigung. Erstens soll mehr Wert bei geringerer Ressourcennutzung geschaffen werden, das Ziel der Ressourceneffizienz. Zweitens soll weniger Umweltschädigung je eingesetzter Einheit natürlicher Ressource auftreten, Ökoeffizienz durch sauberere Technologien und nachhaltigere Konsummuster. Und drittens sollen die momentan eingesetzten Ressourcen durch bessere Alternativen ersetzt werden. Desweiteren soll eine lebenszyklusorientierte Betrachtungsweise gewählt werden, um zu verhindern, dass negative Auswirkungen einfach auf andere Ebenen verschoben werden. Die Strategie hat einen Zeitrahmen von 25 Jahren und soll bei der effizienten und kohärenten Integration in alle Politikmaßnahmen und Entscheidungsprozesse eine koordinierende Funktion erfüllen.

Unmittelbar soll die Einrichtung eines Instituts zur Ermittlung ressourcenbezogener Daten umgesetzt werden, die Entwicklung von Fortschrittsindikatoren, die Einbeziehung von Wirtschaftsektoren, um konkrete Maßnahmen umzusetzen, die

Erstellung nationaler Ressourcenmanagementpläne und die Einrichtung eines Internationalen Entkopplungspanels, das sich mit Fragen der Rohstoffgewinnung beschäftigen soll.

Schepelmann et al. (2006) urteilen in einer Einschätzung für das Europäische Parlament, dass die Thematische Strategie, im Gegensatz zu den im Aktionsprogramm geweckten Erwartungen, keine spezifischen Politikmaßnahmen identifiziert oder implementiert, wobei Indikatoren zur Operationalisierung der Entkopplungsstrategie bereits verfügbar sind. Weiter sollte die Thematische Strategie quantitative Ziele zur Verbesserung der Ressourcenproduktivität setzen und klare Zeitvorgaben zur Erreichung dieser vorgeben.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2005) sieht in der Thematischen Strategie zu Ressourcen eine gute Basis für eine effizientere und zielgerichtetere Umweltpolitik. Ressourcenpolitik wird als heuristischer Ansatz für effizientere Umweltpolitik betrachtet, als Suchverfahren entlang eines Stofflebenswegs um Belastungen für die Umwelt in einem frühen Stadium zu erkennen und Ansatzpunkte zur Lösung stoffbezogener Umweltprobleme kenntlich zu machen. Die Life CyclePerspektive wird also begrüßt, wobei zunächst eine Konzentration auf wenige besonders wichtige Stoffe empfohlen wird. Priorität hat in den Augen des SRU die Erhöhung von Recyclingprozessen und die Bereitstellung oder Findung adäquater Senken für nicht-recyclebaren Abfall. Die Wirksamkeit einer Dematerialisierungsstrategie als pauschales Instrument der Ressourcenpolitik wird angezweifelt, da Stoffgruppen verschieden sind und Massenflüsse möglicher Schadstoffe im Prozentbereich des gesamten Stoffumsatzes liegen.

6 Literatur

- Aachener Stiftung Kathy Beys (Hg.) (2005): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland. Norderstedt.
- Acosta-Fernández, J. (2007): Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland. Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, www.ressourcenproduktivitaet.de
- Acosta-Fernández, J. / Bringezu, S. (2007): Sektorale Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft und ihre Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung. Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, www.ressourcenproduktivitaet.de
- ADL [Arthur D. Little GmbH] / Wuppertal Institute / ISI [Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung] (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in Mittelständischen Unternehmen, Abschlussbericht; www.materialeffizienz.de
- Ahlert, G. (2006): Hosting the FIFA World Cup Germany 2006 Macroeconomic and Regional Economic Impacts; Journal of Convention and Event Tourism, Vol. 8(2), S. 57-77.
- Almon, C. (1991): The INFORUM Approach to Interindustry Modeling; Economic Systems Research, Vol. 3, S. 1-7.
- Bahn-Walkowiak, B. / Bleischwitz, R. / Kristof, K. (2007): Ressourceneffizienzsteigerungen durch Anreizinstrumente auf Makro- und Meso-Ebene: Status Quo Analyse, Kritik, Politikempfehlungen. Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal.
- Bahn-Walkowiak, B. / Bleischwitz, R. / Bringezu, S. / Bunse, M. / Herndorf, M. / Irrek, W. / Kuhndt, M. / Lemken, T. / Liedtke, C. / Machiba, T. (2008): Ressource Efficiency: Japan and Europe at the Forefront. Synopsis of the project and conference results and outlook on a Japanese-German cooperation. Commissioned by the Federal Environment Agency. Dessau/Wuppertal. Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Ressourcenstrategien in Japan“, Wuppertal.
- BGR [Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe] (2005): Bundesrepublik Deutschland, Rohstoffsituation 2005. Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien, Band XXXIV. Stuttgart.
- Bleischwitz, R. (1998): Ressourcenproduktivität. Innovationen für Umwelt und Beschäftigung, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg.
- Bleischwitz, R. (2006): Internationale Rohstoffmärkte: steigende Preise, wachsendes Konfliktpotenzial und neue Formen von Governance, in: „Globale Trends 2007“, hg. von der Stiftung Entwicklung und Frieden / Debiel, T. u.a., Frankfurt a.M. 2006, S. 305–321.
- BMU (2006): Ökologische Industriepolitik – Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung, Berlin.
- BMU / IG Metall / Wuppertal Institut (2006): Tagungsdokumentation Ressourceneffizienz – Innovation für Umwelt und Arbeit.
- BMWi (2007): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Berlin.

- Distelkamp, M., Hohmann, F., Lutz, C., Meyer, B. & Wolter, M. I. (2003): Das IAB/INFORGE-Modell: Ein neuer ökonomischer Ansatz gesamtwirtschaftlicher und länderspezifischer Szenarien. In: Beiträge zur Arbeitsmarkt - und Berufsforschung (BeitrAB), Band 275, Nürnberg.
- Distelkamp, M. / Meyer, B. / Wolter, M. I. (2005a): Wirkung einer Materialinputsteuer auf Ressourcenbedarf, Wachstum und Beschäftigung. In: Aachener Stiftung Kathy Beys (Hg.): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland, Aachen, S. 63–130.
- Distelkamp, M. / Meyer, B. / Wolter, M. I. (2005b): Wachstums- und Beschäftigungswirkungen einer Veränderung des Mehrwertsteuersystems. In: Aachener Stiftung Kathy Beys (Hg.): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland, Aachen, S. 131–142.
- Distelkamp, M. / Meyer, B. / Wolter, M. I. (2005c): Der Einfluss von Endnachfrage und der Technologie auf die Ressourcenverbräuche in Deutschland. In: Aachener Stiftung Kathy Beys (Hg.): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland, Aachen, S. 143–170.
- Dosch, K. (2005): Ressourceneffizienz-Klassifizierung als Pullfaktor; in: Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern; München: oekom Verlag, S.177-189.
- Dosch, K. (2005): Einkaufen mit dem kleinen ökologischen Rucksack; in: factorY – Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften, 1. Jg., 03 / 2005, S. 12-13.
- EEA (2006): Using the market for cost-effective environmental policy, Market-based instruments in Europe, EEA Report No 1 / 2006. Kopenhagen.
- EU – Europäische Kommission (2005): Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources, Brussels, 21.12.2005, COM (2005) 670 final.
- Fischer, H. / Lichtblau, K. / Meyer, B. / Scheelhaase, J. (2004): Wachstums- und Beschäftigungsimpulse rentabler Materialeinsparungen. Wirtschaftsdienst 2004, Heft Nr. 4, S. 247–254.
- Frohn, J. et al. (2003): Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen. Abschätzung mit zwei ökonomischen Modellen. Heidelberg.
- Fronzel, M. et al. (2006): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen. Studie von BGR, RWI, ISI im Auftrag des BMWi, Forschungsprojekt Nr. 09 / 05.
- Giljum, S. / Behrens, A. / Hinterberger, F. / Lutz, C. / Meyer, B. (2007): Modelling scenarios towards a sustainable use of natural resources in Europe; SERI Working Paper, Nr. 04 / 2007, Vienna.
- Hinterberger, F. / Schnabel, H. (Hg.) (2002): Arbeit – Umwelt – Wachstum. Nachhaltigkeitsaspekte des sektoralen Strukturwandels, Norderstedt.
- International Energy Agency (2008): World Energy Outlook 2008, Paris.
- Kicherer, A. (2005): Die Ökoeffizienz-Analyse der BASF – Erfolgsfaktoren für eine breite Anwendung; in: Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern; München: oekom Verlag, S.123-129.

- Kristof, K. / Bleischwitz, R. / Liedtke, C. / Türk, V. / Bringezu, S. / Ritthoff, M. / Schweinfurth, A. (2006): Ressourceneffizienz – eine Herausforderung für Politik und Wirtschaft, Hintergrundpapier des Wuppertal Instituts zur Tagung des Bundesumweltministeriums und der IG Metall „Ressourceneffizienz – Innovationen für Umwelt und Arbeitsplätze“, 31.08.2006, Berlin.
- Kristof, K., Liedtke, C. (2005): Wie könnte eine erfolgreiche Materialeffizienzpolitik für den Mittelstand aussehen? In: Liedtke, Christa / Busch, Timo (2005): Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern; München: oekom Verlag, S. 47–61.
- Kristof, K. / Liedtke, C. (2005a): Materialeffizienzprogramm für Deutschland; factorY – Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften, 1. Jg., 03 / 2005, S. 9.
- Kristof, K. / Türk, V. (2006): Ressourceneffizienzsteigerungen durch unternehmensübergreifende Instrumente: Status-Quo Analyse, Kritik, Politikempfehlungen; Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal.
- Kristof, Kora / Türk, Volker / Welfens, Jola / Walliczek, Katharina (2006a): Ressourceneffizienzsteigerungen durch organisatorische und institutionelle Innovationen; Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal.
- Liedtke, C. / Busch, T. (Hg.) (2005): Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern. München.
- Lichtblau, K. / Meyer, B. / Ewerhart, G. (1996): Komplementäres Beziehungsgeflecht zwischen Industrie und Dienstleistungen. In: iw-trends. 4/96. S. 1-24. Köln.
- Lutz, C. / Meyer, B. / Schnur, P. / Zika, G. (2002): Projektionen des Arbeitskräftebedarfs bis 2015. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Jahrgang 35. Nr. 3. Nürnberg.
- Mersiowsky, I. (2005): Ganzheitliche Effizienzbetrachtungen - Herausforderungen und Chancen am Beispiel Chemie und Kunststoffe, in: Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern; München: oekom Verlag, S. 111-121.
- Meyer, B. (2008): Wirkung eines Anstiegs der Öl- und Gaspreise auf die deutsche Wirtschaft. In: Wirtschaft und Statistik, 2/2008, S.173-176.
- Meyer, B. / Distelkamp, M. / Wolter, M. I. (2007): Material Efficiency and economic-Environmental Sustainability. Results of Simulations for Germany with the Model PANTA RHEI. Ecological Economics, Forthcoming.
- Meyer, B. / Ewerhart, G. (2001): INFORGE. Ein disaggregiertes Simulations- und Prognosemodell für Deutschland. In: Lorenz, H.-W. / Meyer, B. (Hrsg.): Studien zur Evolutorischen Ökonomik IV. Evolutorische Makroökonomik, Nachhaltigkeit und Institutionenökonomik. Schriften des Vereins für Socialpolitik, Neue Folge, Bd. 195 IV, Berlin.
- Meyer, B. / Lutz, C. (2002): Ökoeffiziente Dienstleistungen und Materialverbrauch. Eine Simulationsstudie mit dem disaggregierten Modell PANTA RHEI; in: Hinterberger, F. / Schnabel, H. (2002): Arbeit – Umwelt – Wachstum. Nachhaltigkeitsaspekte des sektoralen Strukturwandels, Norderstedt, S. 190–228.

- Meyer, B. / Wolter, M. I. (2007): Demographische Entwicklung und wirtschaftlicher Strukturwandel - Auswirkungen auf die Qualifikation am Arbeitsmarkt. In: Statistisches Bundesamt [Hrsg.]: Neue Wege statistischer Berichterstattung - Mikro- und Makrodaten als Grundlage sozioökonomischer Modellierungen. Statistik und Wissenschaft, Band 10, S. 70-96, Wiesbaden.
- Moll, S. / Acosta, J. (2006): Environmental Implications of Ressource Use: Environmental Input-Output Analyses for Germany. Journal of Industrial Ecology, 2006, Volume 10, No. 3, S. 25 -40.
- Moll, S. / Bringezu, S. / Femia, A. / Hinterberger, F. (2002): Ein Input-Output-Ansatz zur Analyse des stofflichen Ressourcenverbrauchs einer Nationalökonomie. Ein Beitrag zur Methodik der volkswirtschaftlichen Materialintensitätsanalyse, in: Hinterberger, F. / Schnabel, H. (2002): Arbeit – Umwelt – Wachstum. Nachhaltigkeitsaspekte des sektoralen Strukturwandels, Norderstedt, S. 129–189.
- Ritthoff, M. / Liedtke, C. / Kaiser, C. (2007): Technologien zur Ressourceneffizienzsteigerung: Hot Spots und Ansatzpunkte; Paper-Reihe des Wuppertal Instituts „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal.
- Ritthoff, M. / Rohn, H. / Liedtke, C. (2002) unter Mitarbeit von T. Merten: MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Ressourcen und Dienstleistungen; Paperreihe des Wuppertal Instituts, Wuppertal Spezial Nr. 27.
- Rohn, H. / Lang-Coetz, C. / Pastewski, N. / Lettenmeier, M. (2008): Ressourceneffizienzpotenziale durch Technologien, Produkte und Strategien – Erste Ergebnisse – Paper zu Arbeitspaket 1 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes), Wuppertal.
- Schepelmann, P. et al. (2006): Assessment of the EC Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources. Commissioned by the European Parliament, DG Internal Affairs, Department A – Environment and Food safety, IP/A/ENVI/ST/2006–99, WI-Stellungnahme.
- Schindler, J. / Zittel, W. / Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (2008): Zukunft der weltweiten Erdölversorgung, Report der Energy Watch Group, Berlin.
- Schmidt-Bleek, F. (2000): Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch, mehr Lebensqualität durch Faktor Zehn, München.
- Schütz, H.; Bringezu, S. (2008): Ressourcenverbrauch von Deutschland – aktuelle Kennzahlen und Begriffsbestimmungen – Erstellung eines Glossars zum „Ressourcenbegriff“ und Berechnung von fehlenden Kennzahlen des Ressourcenverbrauchs für die weitere politische Analyse. Dessau-Roßlau.
- SRU [Sachverständigenrat für Umweltfragen] (2005): Auf dem Weg zur Europäischen Ressourcenstrategie: Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik, Stellungnahme.
- Voßkamp, R. (2006): Zum Beitrag der Input-Output-Analyse zur Entwicklung von Micro-to-macro-Modellen gezeigt am Beispiel der Wirkungen von Innovationen; in Hinterberger, F. / Schnabel, H. (2002): Arbeit – Umwelt – Wachstum. Nachhaltigkeitsaspekte des sektoralen Strukturwandels, Norderstedt, S. 11–34.
- Wuppertal Institut / ADL [Arthur D. Little GmbH] (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in KMU, Abschlussbericht Anhang B: Programmlandkarte – Analyseraster, Case Studies / Akteurs- / Strukturlandkarte: Förderlandschaft; Wuppertal.